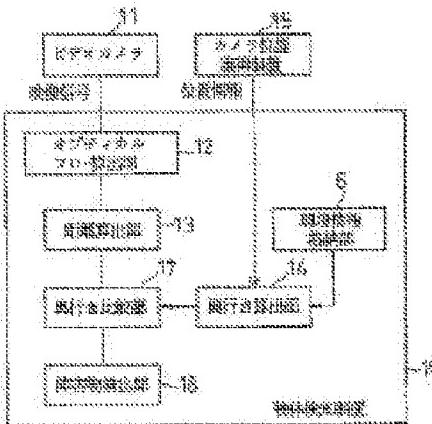


**OBJECT DETECTION METHOD/SYSTEM**

**Publication number:** JP10093954 (A)  
**Publication date:** 1998-04-10  
**Inventor(s):** TSUKAMOTO AKITOSHI; AMAMOTO NAOHIRO; FUJII AKIHIRO; MATSUMOTO KOJI +  
**Applicant(s):** OKI ELECTRIC IND CO LTD +  
**Classification:**  
- international: G08B25/00; H04N7/18; G08B25/00; H04N7/18; (IPC1-7): G08B25/00; H04N7/18  
- European:  
**Application number:** JP19960243078 19960913  
**Priority number(s):** JP19960243078 19960913

**Abstract of JP 10093954 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect the existence of a still object on a monitoring area exceeding the view range of a video camera without previously preparing a background picture by calculating an optical flow from two pictures taken at different time and detecting the still object except for a permanent object based on the optical flow and a distance differential value. SOLUTION: An optical flow calculation part 12 calculates the optical flow (moving vector) showing apparent movement on the picture, which is accompanied by the movement of a video camera 11 from two video signals different in photographing time. A distance calculation part 13 converts the respective optical flows into distance data in a screen. A difference between the distance value and the distance value (depth information) on the permanent object is obtained and an absolute three-dimensional position corresponding to a picture element in which the distance differential value is within a pertinent range is calculated. The still object except for the permanent object is detected based on the matching of the absolute three-dimensional positions obtained on the different positions of the video camera.



.....  
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-93954

(43)公開日 平成10年(1998)4月10日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 4 N 7/18  
G 0 8 B 25/00

識別記号  
5 1 0

F I  
H 0 4 N 7/18  
G 0 8 B 25/00

D  
5 1 0 M

審査請求 未請求 請求項の数10 ○L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平8-243078

(22)出願日 平成8年(1996)9月13日

(71)出願人 000000295  
沖電気工業株式会社  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号  
(72)発明者 塚本 明利  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内  
(72)発明者 天本 直弘  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内  
(72)発明者 藤井 明宏  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内  
(74)代理人 弁理士 工藤 宣幸

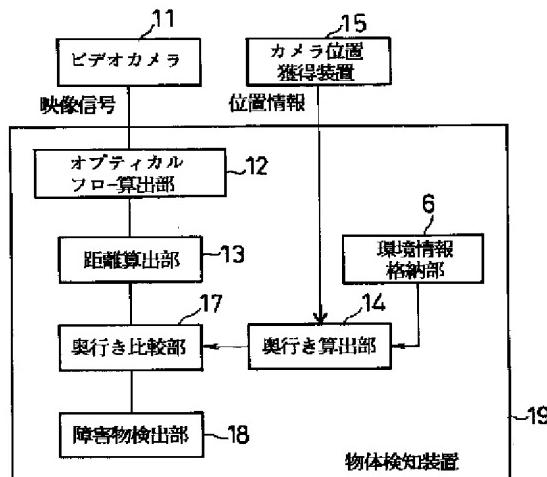
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体検知方法及びシステム

(57)【要約】

【課題】 予め背景画像を用意することなく、1台のビデオカメラの視野範囲を大きく越える監視領域について、静止物体の存在を検知する。

【解決手段】 ビデオカメラは、所定方向に移動しながら撮像を行なう。異なる時刻に撮影された2枚の画像からオプティカルフローを算出する。算出されたオプティカルフローから、各オプティカルフローを生成した物体とビデオカメラまでの奥行き方向の距離情報を生成する。ビデオカメラの位置と常設物体の位置及び形状によって定まる、撮像画像の各画素に対応するビデオカメラからの奥行き情報を出力する。距離情報と奥行き情報との距離差分値を求める。オプティカルフロー及び距離差分値に基づいて、常設物体以外の静止物体の検出を行なう。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 監視領域をビデオカメラで撮影し、得られた画像に基づいて、監視領域中の物体の存在を検知する物体検知方法において、  
上記ビデオカメラは、所定方向に移動しながら撮像を行ない、  
異なる時刻に撮影された2枚の画像からオプティカルフローを算出し、  
算出された上記オプティカルフローから、各オプティカルフローを生成した物体と上記ビデオカメラまでの奥行き方向の距離情報を生成し、  
上記ビデオカメラの位置と常設物体の位置及び形状によって定まる、撮像画像の各画素に対応する上記ビデオカメラからの奥行き情報を出し、  
上記距離情報と上記奥行き情報との距離差分値を求め、  
上記オプティカルフロー及び距離差分値に基づいて、常設物体以外の静止物体の検出を行なうことを特徴とする物体検知方法。

**【請求項2】** 上記奥行き情報を、監視領域内の常設物体についての予め格納されている位置及び形状データと、上記ビデオカメラの位置情報を用いた演算によって求めることを特徴とする請求項1に記載の物体検知方法。

**【請求項3】** 上記ビデオカメラの位置情報を、上記ビデオカメラの移動機構による移動量から得ることを特徴とする請求項1又は2に記載の物体検知方法。

**【請求項4】** 上記ビデオカメラの位置情報を、監視領域内に位置マーカを配置しておき、撮像画像中における当該位置マーカの位置により推定して得ることを特徴とする請求項1又は2に記載の物体検知方法。

**【請求項5】** 予め位置マーカのパターンを記憶しておき、この位置マーカのパターンに類似した撮像画像中の領域を、画像間の相関値により求めて、上記位置マーカの撮像画像中の位置を特定することを特徴とする請求項4に記載の物体検知方法。

**【請求項6】** 監視領域をビデオカメラで撮影し、得られた画像に基づいて、監視領域中の物体の存在を検知する物体検知システムにおいて、  
上記ビデオカメラを、所定方向に移動させるカメラ移動機構と、

上記ビデオカメラの位置情報を出力するカメラ位置出力手段と、  
異なる時刻に撮影された2枚の画像からオプティカルフローを算出するオプティカルフロー算出手段と、  
算出された上記オプティカルフローから、各オプティカルフローを生成した物体と上記ビデオカメラまでの奥行き方向の距離情報を生成する距離算出手段と、  
上記ビデオカメラの位置と常設物体の位置及び形状によって定まる、撮像画像の各画素に対応する上記ビデオカメラからの奥行き情報を出力する奥行き出力手段と、

上記距離情報と上記奥行き情報との距離差分値を求める奥行き比較手段と、

上記オプティカルフロー及び距離差分値に基づいて、常設物体以外の静止物体の検出を行なう物体検出手段とを備えることを特徴とする物体検知システム。

**【請求項7】** 上記奥行き出力手段は、監視領域内の常設物体についての位置及び形状データを予め格納している環境情報格納部と、この常設物体についての位置及び形状データと、上記ビデオカメラの位置情報を用いた演算によって奥行き情報を生成する奥行き算出部とでなることを特徴とする請求項6に記載の物体検知システム。

**【請求項8】** 上記カメラ位置出力手段は、上記カメラ移動機構による移動量から上記ビデオカメラの位置情報を得るものであることを特徴とする請求項5又は6に記載の物体検知システム。

**【請求項9】** 上記カメラ位置出力手段は、撮像画像中における、監視領域内に配置されている当該位置マーカの位置により、上記ビデオカメラの位置情報を推定して得るものであることを特徴とする請求項6又は7に記載の物体検知システム。

**【請求項10】** 上記カメラ位置出力手段は、予め位置マーカのパターンを記憶している位置マーカ情報記憶部と、この位置マーカのパターンに類似した撮像画像中の領域を、画像間の相関値により求めて、上記位置マーカの撮像画像中の位置を特定するカメラ位置推定部とでなることを特徴とする請求項9に記載の物体検知システム。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、画像情報により監視領域内の物体の存在を検知する物体検知方法及びシステムに関し、例えば、道路上に存在する停止車両や落下物等の検知や、踏切内に取り残された車両等の検知に適用し得るものである。

**【0002】**

**【従来の技術】** 従来から、画像を用いた物体検知方式として様々なものが提案されており、例えば、文献1『特開平8-55288号公報』に記載されたものがある。

**【0003】** この文献1に記載の物体検知方式（監視システム）は、予め物体が存在しないときの画像を背景画像として撮影しておき、現在の画像との比較を行なって物体が存在するか否かを判定するものであった。

**【0004】**

**【発明が解決しようとする課題】** しかしながら、背景画像を参照して物体を検知する場合には、現在の画像を撮影するビデオカメラの位置や向き等が、背景画像を撮影したビデオカメラのものに一致している必要があるため、通常、固定のビデオカメラが用いられ、そのため、監視領域は、ビデオカメラの視野範囲に制限される。従

って、例えば道路上等の屋外の広い範囲にわたって監視を行なう場合には、複数の監視システムを設置する必要がある。

【0005】また、例えば、昼夜や天候の違い等により、入力画像の照明条件が背景画像の撮像時と異なる場合には性能への影響が顕著であり、この問題を克服するための工夫が必要となる。

【0006】そのため、予め背景画像を用意することなく、1台のビデオカメラの視野範囲を越える広さの監視領域を監視し、物体の存在を検知する物体検知方法及びシステムが求められている。

【0007】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するため、第1の本発明は、監視領域をビデオカメラで撮影し、得られた画像に基づいて、監視領域中の物体の存在を検知する物体検知方法において、(1) ビデオカメラは、所定方向に移動しながら撮像を行ない、(2) 異なる時刻に撮影された2枚の画像からオプティカルフローを算出し、(3) 算出されたオプティカルフローから、各オプティカルフローを生成した物体とビデオカメラまでの距離情報を生成し、(4) ビデオカメラの位置と常設物体の位置及び形状によって定まる、撮像画像の各画素に対応するビデオカメラからの奥行き情報を出しし、(5) 距離情報と奥行き情報との距離差分値を求め、(6) オプティカルフロー及び距離差分値に基づいて、常設物体以外の静止物体の検出を行なうことを特徴とする。

【0008】また、第2の本発明は、監視領域をビデオカメラで撮影し、得られた画像に基づいて、監視領域中の物体の存在を検知する物体検知システムにおいて、

(1) ビデオカメラを、所定方向に移動させるカメラ移動機構と、(2) ビデオカメラの位置情報を出力するカメラ位置出力手段と、(3) 異なる時刻に撮影された2枚の画像からオプティカルフローを算出するオプティカルフロー算出手段と、(4) 算出されたオプティカルフローから、各オプティカルフローを生成した物体とビデオカメラまでの距離情報を生成する距離算出手段と、(5) ビデオカメラの位置と常設物体の位置及び形状によって定まる、撮像画像の各画素に対応するビデオカメラからの奥行き情報を出力する奥行き出力手段と、(6) 距離情報と奥行き情報との距離差分値を求める奥行き比較手段と、(7) オプティカルフロー及び距離差分値に基づいて、常設物体以外の静止物体の検出を行なう物体検出手段とを備えることを特徴とする。

【0009】第1の本発明の物体検知方法及び第2の本発明の物体検知システムにより、予め背景画像を用意することなく、1台のビデオカメラの視野範囲を大きく越える監視領域について、静止物体の存在を検知することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】

### (A) 第1の実施形態

#### (A-1) 第1の実施形態の構成

以下、本発明による物体検知方法及びシステムを道路上の障害物検知に適用した第1の実施形態について、図面を用いて説明する。

【0011】ここで、図1がこの第1の実施形態の電気的な処理構成、特に、物体検知装置の内部構成を示すブロック図であり、図2は、第1の実施形態のシステム要素の実際的な配置を示す概略斜視図である。

【0012】図2において、ビデオカメラ11は、監視領域である道路21に沿って路側に設置されたレール22上を移動する台車23上に載置されているものである。ビデオカメラ11は、道路21の横断方向に、地面に対して平行に向けられている。ビデオカメラ11によって得られた画像信号（以下、単に画像と呼ぶこともある）は、レール22（レール自体がケーブルとして機能するか、又は、レールの側面に図示しないケーブルが敷設されている）、及び、そのレール22の一方の端部から延出されているケーブル24を介して、レール22の一方の端部近傍に設けられた、図1に詳細構成を示す物体検知装置19に供給されるようになされている。

【0013】レール22の他方の端部近傍には、正逆回転可能なモータ25が設けられており、モータ25の回転軸には回転直動変換機構（ラック及びピニオン、ベルト車及びベルト、歯車及びチェーン等：図では明確には示していない）が設けられており、その直動部26の所定位置に台車23が固定され、これにより、台車23が、モータ25の回転に応じて、往復動し得るようになされている。

【0014】なお、台車23の往動及び復動のいずれにおいても、ビデオカメラ11による撮像を行なうことも可能であるが、この実施形態では、例えば、台車23（従ってビデオカメラ11）が、物体検知装置19の近傍からモータ25の近傍への移動時にのみ、ビデオカメラ11による撮像を行なうものとする。また、この実施形態では、撮像を行なう移動方向でのビデオカメラ11の移動速度は定速度になされているとする。

【0015】また、モータ25の回転軸には、カメラ位置獲得装置（例えばシャフトエンコーダ）15が取り付けられており、カメラ位置獲得装置15による検出信号が、台車23（従ってビデオカメラ11）の位置情報として、信号線27を介して、物体検知装置19に供給されるようになされている。

【0016】以上のように、ビデオカメラ11が撮像した画像信号、及び、カメラ位置獲得装置15が獲得したビデオカメラ11の位置情報が与えられる物体検知装置19は、図1に示す詳細構成を有し、道路21上に存在する静止物体（従って障害物）を検知するものである。

【0017】物体検知装置19は、図1に示すように、オプティカルフロー算出部12、距離算出部13、奥行

き算出部14、環境情報格納部16、奥行き比較部17及び障害物検出部18から構成されている。

【0018】オプティカルフロー算出部12には、ビデオカメラ11が撮像して得た画像信号が供給される。オプティカルフロー算出部12は、撮像時刻が異なる2枚の画像信号から、ビデオカメラ11の移動に伴う画像上での見かけの動きを示すオプティカルフロー（動きベクトル）を算出し、得られたオプティカルフローを距離算出部13に供給するものである。オプティカルフローの算出に供する2枚の画像信号は、後述するように、オプティカルフローから道路幅方向の距離を算出した場合に、十分な精度を有する距離値が得られる時間差を有するものとする。言い換えると、2枚の画像信号の撮像位置間の距離が、オプティカルフローから道路幅方向の距離を算出した場合に十分な精度を有する距離値が得られるような画像信号としている。

【0019】なお、ビデオカメラ11の移動が等速度でない場合には、カメラ位置獲得装置15が獲得したビデオカメラ11の位置情報に基づいて、撮像位置間の距離が所定距離の2枚の画像信号を用いるようにすれば良い。

【0020】また、オプティカルフローは、各画素毎に求められるが、画像信号の変化が少ない道路表面等、2枚の画像信号間で画素の対応付けが難しい部分の画素についてはほぼ0として求められることが多い。

【0021】距離算出部13には、オプティカルフローが与えられる。距離算出部13は、各オプティカルフローを画面内での距離データに変換する。ビデオカメラ11が等速度で移動していた場合、周知のように、遠い物体のオプティカルフロー（相対的な移動量）は小さく、近い物体のオプティカルフローは大きい。この特性を利用して、各オプティカルフローを画面内での距離データ（ビデオカメラ11からの距離データ）に変換する。得られた距離データは、奥行き比較部17に与えられる。なお、移動物体については、ビデオカメラ11の速度と、その物体の速度に応じたオプティカルフローが得られるため、算出された距離値は正しいものではなくなっている。

【0022】環境情報記憶部16は、監視領域内に常時存在する検知対象ではない物体（常設物体）の位置及び形状に関するデータを記憶しているものである。例えば、ガードレールや中央分離線や道路脇の建物等の位置及び形状に関するデータを記憶している。この記憶データは、奥行き算出部14によって、適宜取り出されるものである。

【0023】奥行き算出部14には、カメラ位置獲得装置15からカメラ位置情報が与えられるようになされている。奥行き算出部14は、与えられたカメラ位置情報、及び、環境情報記憶部16に記憶されている監視領域内の常設物体の位置及び形状に関するデータから、ビ

デオカメラ11がその位置で背景画像を撮像したと仮定した場合における各画素に対応する、ビデオカメラ11からの距離データである奥行きデータを算出し、奥行き比較部17に与える。

【0024】奥行き比較部17は、奥行き算出部14によって算出された奥行きデータと、距離算出部13において得られた距離データを比較し、各画素について、その差分値（以下、「距離差分値」と呼ぶ）を求めて障害物検出部18に与えるものである。

【0025】障害物検出部18は、オプティカルフローと算出された距離差分値に基づいて、撮像された画像内に常設物体以外の静止物体が存在するかを判定し、判定結果を出力するものである。なお、この障害物検出部18の機能については、後述する動作説明で詳細に説明する。

#### 【0026】(A-2) 第1の実施形態の動作

以下、第1の実施形態の物体検知システムの動作を説明する。なお、ビデオカメラ11を移動させる動作は、一般的な動作であるのでその説明を省略し、物体検知装置19における動作を中心に説明する。

【0027】ビデオカメラ11によって得られた画像信号は、オプティカルフロー算出部12に与えられる。オプティカルフロー算出部12においては、所定時間 $\Delta t$ だけ異なる2枚の画像信号から、オプティカルフローが算出される。

【0028】時刻 $t$ 及び時刻 $t + \Delta t$ で撮像された2枚の画像信号は、その時間差 $\Delta t$ におけるビデオカメラ11の移動量によって、例えば、図3(a)及び(b)に示すように、僅かにほぼ平行移動した関係にある画像内容を有するものとなる。図4には、図3(a)及び(b)に示す2枚の画像信号から得られたオプティカルフローの算出例を示すものである。なお、図4は、見易さから、算出された一部のオプティカルフローだけを示している。

【0029】ここで、オプティカルフローの算出方法としては勾配法等各種が提案されているが、そのいずれの方法を適用しても良い。なお、ブロックマッチング等の局所比較による方法ではオプティカルフローの算出が難しい箇所についてもオプティカルフローを算出し得る勾配法を適用することは好ましい。勾配法の詳細については、例えば、文献2に記載されている。

【0030】文献2『B.K.P.Horn&B.G.Schunck, 「Determining optical flow」, Artificial Intelligence, vol.17, pp.185-203, 1991』

以下、簡単に勾配法について説明する。時刻 $t$ で撮影された画像を $I_t$ とし、その位置 $(x, y)$ にある画素の輝度値を $I(x, y, t)$ と表す。このとき、物体上の点の明るさは時間変化しないことを仮定すると、(1)式が得られる。(1)式の右辺をテイラ展開して高次の項を無視し、両辺を $\Delta t$ で割って $\Delta t \rightarrow 0$ とすると、(2)

式が得られる。

$$I(x, y, t) = I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t) \quad \cdots(1)$$

$$E_x \cdot V_x + E_y \cdot V_y + E_t = 0 \quad \cdots(2)$$

ここで、 $E_x$ 、 $E_y$  及び  $E_t$  (スカラー量) はそれぞれ、画像から求められる明るさの  $x$  方向、 $y$  方向及び時間方向の勾配である。

【0031】この(2)式は移動ベクトルを表す未知数  $V_x$ 、 $V_y$  を含む方程式であり、未知数が2つで式が1つ

$$E^2 = (E_x \cdot V_x + E_y \cdot V_y + E_t)^2 + \lambda^2 \{ (\nabla^2 V_x)^2 + (\nabla^2 V_y)^2 \} \quad \cdots(3)$$

ここで、 $\lambda$  は重み係数である。実際には上式の最小値を与える ( $V_x$ 、 $V_y$ ) を反復解法で求める。

【0032】すなわち、(4)式及び(5)式を繰り返し計算し、収束したときの ( $u$ 、 $v$ ) の値を移動ベクトルと

$$u^{n+1} = u^n - \frac{E_x(E_x u^n + E_y v^n + E_t)}{\alpha^2 + E_x^2 + E_y^2} \quad \cdots(4)$$

$$v^{n+1} = v^n - \frac{E_y(E_x u^n + E_y v^n + E_t)}{\alpha^2 + E_x^2 + E_y^2} \quad \cdots(5)$$

なお、オプティカルフローは、時間的に連続する一組（連続する2フレーム）の画像から求めたものでも、複数の時間的に連続する画像列において順次求めたオプティカルフローをつなぎ合わせたものでも構わない。ビデオカメラ11の移動速度に応じて選定すれば良い。

【0034】距離算出部13においては、各画素のオプティカルフローの長さに基づいて、ビデオカメラ11から、各画素に対応する被撮像物体までの奥行き方向の距離が算出される。ここで、ビデオカメラ11の向きは移動方向に対して直交しているため、オプティカルフローを与えた被撮像物体P'までの奥行き方向の距離z

$$z(x, y, t) = \alpha \cdot f \cdot L / 1(x, y, t) \quad \cdots(6)$$

一方、奥行き算出部14において、オプティカルフローが観測された画像  $I_t$  上の各画素位置に対して、カメラ位置獲得装置15から送られた現在のビデオカメラ11の位置情報、及び、環境情報格納部16に格納されている路面やガードレール等の常設構造物の位置や形状に関する環境情報をもとに、そのビデオカメラ11で撮像したと仮定した背景画像における各画素に対応した被撮像物体とビデオカメラ11との間の距離（背景奥行き）Z(x, y, t) を求める。背景奥行きZ(x, y, t) を、カメラ位置と環境情報から求める方法として、例え

$$d(x, y, t) = z(x, y, t) - Z(x, y, t) \quad \cdots(7)$$

このようにして計算された距離差分値 d(x, y, t) やオプティカルフローに基づいて、障害物検出部18において、得られたオプティカルフローのうち異常なものが取り除かれる。

【0038】すなわち、オプティカルフローの水平方向（移動方向、ここでは  $x$  成分とする）が大きいものや、距離差分値 d(x, y, t) が負（多少のマージンを設

いため解くことができないが、移動ベクトルが滑らかに変化することを拘束条件として利用することにより、

(3) 式を最小にするものとして移動ベクトルを決定することができる。

する。ここで、 $u'^n$ 、 $v'^n$  はそれぞれ、 $u^n$ 、 $v^n$  の8近傍平均値である。

【0033】

【数1】

(x, y, t) は、その被撮像物体が静止している場合には、オプティカルフローの水平方向（ビデオカメラ11の移動方向）の画素単位の長さ 1(x, y, t) と、(6)式に示す関係があり、この(6)式に従って、オプティカルフローを距離値に変換する。なお、(6)式において、 $\alpha$  はビデオカメラ11内の受光素子の画素密度（単位長あたりの画素数）、 $f$  はビデオカメラ11の焦点距離、 $L$  は時間  $\Delta t$  の間のビデオカメラ11の移動距離である。

【0035】

$$z(x, y, t) = \alpha \cdot f \cdot L / 1(x, y, t) \quad \cdots(6)$$

ば文献3に記載の乙バッファ法を適用することができる。

【0036】文献3『中前、西田著、「3次元コンピュータグラフィクス」、昭晃堂、1986、pp.127-129』そして、奥行き比較部17において、オプティカルフローから算出した距離情報と、カメラ位置及び環境情報から求めた奥行き情報との差分値 d(x, y, t) を、(7)式に従って求める。

【0037】

$$d(x, y, t) = z(x, y, t) - Z(x, y, t) \quad \cdots(7)$$

けていても良い）であるものは、静止している物体ではないものとして取り除かれる。ビデオカメラ11が所定速度で移動しているので、監視領域内でビデオカメラ11に最も近く存在する静止物体でも、そのオプティカルフローの水平方向の大きさはある上限値以内をとり、それを越えたオプティカルフローは、静止物体に関するもの以外であるとして取り除く。また、常設物体以外の静

止物体が存在する画素位置の場合、その物体の存在のために物体がない場合よりオプティカルフローが大きくなり、その結果、距離差分値  $d(x, y, t)$  は正となる。一方、常設物体が存在する画素位置の場合には、2個の距離値  $z(x, y, t)$  及び  $Z(x, y, t)$  は等しく、その結果、距離差分値  $d(x, y, t)$  は0となる。従って、距離差分値  $d(x, y, t)$  が負であるものは、静止している物体ではなく、取り除かれる。

【0039】その後、障害物検出部18において、残った各オプティカルフローの始点がある画像  $I_t$  の各画素位置について、カメラ位置情報と距離  $z(x, y, t)$  より、その3次元位置を求める。

【0040】以下、その3次元位置の算出法について説明する。今、図5に示すように、ワールド座標系として、ビデオカメラ11の移動方向にX軸、路面の垂直方向にY軸、路面を横断する方向にZ軸をとり、カメラ中心Oのワールド座標系での座標を  $(X_c, Y_c, Z_c)$  とする。また、カメラ画像上の座標原点O'をカメラ中心を出る光軸と画像面との交点とし、水平、垂直方向を

$$\begin{aligned} (x, y, z) = & (x_c + kx/\alpha, y_c + k(-f \sin \theta + (y/\alpha) \cos \theta), z_c \\ & + k(f \cos \theta + (y/\alpha) \sin \theta)) \end{aligned} \quad \cdots(8)$$

$$k = z(x, y, t)/f$$

$$\cdots(9)$$

ここで、障害物検出部18においては、最初に、得られたオプティカルフローのうち異常なものが取り除かれているので、上述した処理により得られる3次元位置情報は、静止物体あるいはビデオカメラ11の移動方向の反対方向に移動している物体によるものである。

【0043】障害物検出部18は、今回の2枚の画像の処理により得られた3次元位置情報を内蔵メモリに格納する。以上のような一連の処理は、ビデオカメラ11の移動に伴って繰り返し実行され、ビデオカメラ11の異なる位置で検出された3次元位置情報が格納される。そして、ビデオカメラ11の異なる位置について得られた3次元位置情報で共通する3次元位置情報がとるものを見出せる。

【0044】なお、距離差分値が0である画素については3次元位置情報が算出されないので、路面等の背景要素（常設物体）が静止物体として検出されないが、環境情報格納部16に格納されている常設物体の位置情報を参考して、3次元位置情報から求めた静止物体に常設物体が含まれている場合には、それを除くようにしても良い。

【0045】静止物体を検知したときには、例えば、物体検知装置19に関連して設けられた警告ランプを点灯させると共に、図示しない通信装置によって中央監視センタに、その旨を通知する。

【0046】(A-3) 第1の実施形態の効果

それぞれX軸、Y軸とする。さらに、ビデオカメラ11の光軸の方向ベクトルを  $(0, \cos \theta, \sin \theta)$  とする（路面とのなす角を下向きに  $\theta$  とする）。なお、ここでは簡単のため、画像面は光軸に直交し、画像上のX軸はビデオカメラの運動方向であるワールド座標系のX軸に平行であると仮定する。実際、ビデオカメラは、この仮定を満足するように設置することができる。

【0041】このとき、点O'のワールド座標系での座標は  $(X_c, Y_c - f \sin \theta, Z_c + f \cos \theta)$  であり、画面上の点P  $(x, y)$  のワールド座標系での座標は  $(X_c + x/\alpha, Y_c - f \sin \theta + (y/\alpha) \cos \theta, Z_c + f \cos \theta + (y/\alpha) \sin \theta)$  となる。そして、画像面上で点Pに写っている点P'の3次元位置  $(x, y, z)$  は、点Oと点Pを通る直線上で点Oから距離  $z(x, y, t)$  だけ離れた点であることから、(9)式で表されるkを用いた(8)式で表される。

【0042】

【数2】

$$\cdots(9)$$

以上のように、第1の実施形態によれば、ビデオカメラを移動させながら得た2枚の画像からオプティカルフローを得た後、それを奥行き方向の距離値に変換し、その距離値と常設物体についての距離値（奥行き情報）との差分を得、この距離差分値が妥当な範囲にある画素に対応した絶対的な3次元位置を算出し、ビデオカメラの異なる位置について得られた絶対的な3次元位置の一致性に基づいて、常設物体以外の静止物体を検出するようにしたので、予め背景画像を用意することなく、1台のビデオカメラの視野範囲を大きく越える監視領域について、静止物体の存在を検知することができる。

【0047】すなわち、従来行なわれている固定カメラを用いた監視範囲よりも広範囲を一台のビデオカメラで監視でき、画像処理装置（物体検知装置）の台数を減らすことができる。また、背景画像を直接利用する手法ではないため、言い換えると、距離情報を利用した手法であるため、照明条件や天候等の環境変化に対しても、性能低下は発生せず、信頼性の高い物体検知を行なうことができる。

【0048】(B) 第2の実施形態

次に、本発明による物体検知方法及びシステムを道路上の障害物検知に適用した第2の実施形態について、図面を用いて説明する。

【0049】ここで、図6がこの第2の実施形態の電気的な処理構成、特に、物体検知装置の内部構成を示すブ

ロック図であり、上述した図1との同一、対応部分には同一符号を付して示している。

【0050】図6及び図1の比較から明らかなように、第2の実施形態においては、第1の実施形態におけるカメラ位置獲得装置15(図2も参照)を省略し、それに代えて、カメラ位置推定部15a及び位置マーカ情報記憶部15bを設けたものであり、ビデオカメラ11が撮像した画像信号を用いて、ビデオカメラ11の位置情報を得るようにしている点が第1の実施形態と異なっている。

【0051】その他の構成要素、すなわち、オプティカルフロー算出部12、距離算出部13、奥行き算出部14、環境情報格納部16、奥行き比較部17及び障害物検出部18は、第1の実施形態と同一のものであり、その機能の説明は省略する。

【0052】新たに設けられた位置マーカ情報記憶部15bには、ビデオカメラ11の位置を特定(推定)するための位置マーカの情報(画像パターン及び位置情報)が記憶されている。この位置マーカは、カメラ位置を画像処理によって推定する際の目印となるものであり、高いコントラストの特定のパターンを持つものである。位置マーカに係る物体としては、既存の常設物体を用いても良く、位置マーカ専用の物体を設置しても良い。位置マーカに係る物体は、例えば、監視領域の適宜の複数位置に存在するものとし、ビデオカメラ11が監視領域内のいかなる位置にあっても、その画像信号に少なくとも1以上の位置マーカパターンが含まれるように選定されている。例えば、図3に示すガードレール外側の木や固定物を位置マーカとすることができます。

【0053】また、第2の実施形態で新たに設けられたカメラ位置推定部15aには、ビデオカメラ11が出力した画像信号が供給されるようになされている。カメラ

$$D_{i,j} = \sum \sum |I(i+m, j+n) - T(m, n)| \quad \dots(10)$$

そして、相違度最小値 $D_{min}$ を閾値 $D_{th}$ と比較し、相違度最小値 $D_{min}$ が閾値 $D_{th}$ 以下であった場合に、画像中に位置マーカのパターンがあったと判定する。複数の位置マーカを用いた場合には、少なくとも相違度最小値 $D_{min}$ が閾値 $D_{th}$ 以下であるものを探し出す。

【0058】以上のようにして位置マーカを検出すると、そのマーカの3次元位置(X, Y, Z)を位置マーカ情報記憶部15bから呼び出す(ステップ101)。

$$x = X - (Z/f) \cdot (i/\alpha) \quad \dots(11)$$

ここで、 $\alpha$ 及び $f$ は第1の実施形態と同様、それぞれカメラ内受光素子の画素密度(単位長当たりの画素数)及び焦点距離である。

【0061】以上のように、第2の実施形態によっても、ビデオカメラを移動させながら得た2枚の画像からオプティカルフローを得た後、それを距離値に変換し、その距離値と常設物体についての距離値との差分を得、この距離差分値が妥当な範囲にある画素に対応した絶対

位置推定部15aは、位置マーカ情報記憶部15bに記憶された位置マーカのパターンを参照して、入力された画像信号に含まれている位置マーカパターンの存在を認識して、カメラ位置の推定を行なうものである。カメラ位置推定部15aによって推定されたカメラ位置情報は、奥行き算出部14に与えられる。

【0054】この第2の実施形態においても、カメラ位置を推定する点を除き、静止物体を検知する一連の動作は、第1の実施形態と同様である。そこで、以下では、図7のフローチャートを参照しながら、カメラ位置推定部15aが実行するカメラ位置の推定動作を詳述する。

【0055】まず、カメラ位置推定部15aは、位置マーカ情報記憶部15bに記憶された位置マーカのパターンを入力画像中において探し、その画面上での位置を特定する。位置マーカとして複数用意されている場合には、各位置マーカについて、入力画像中の探索を行なう(ステップ100)。位置マーカパターンの画像中の探索方法については、例えば、文献4『廣田、李、徐、辻、「相関法を用いた実時間物体追跡システムの製作」、情報処理学会第47回全国大会、6L-2、1993』に記載の装置を用いることにより行なうことができる。以下、この方法を説明する。

【0056】位置マーカのパターンにおける位置(x, y)の画素の輝度値を $T(x, y)$ 、入力画像の位置(x, y)にある画素の輝度を $I(x, y)$ とすると、(10)式で与えられる相違度 $D_{i,j}$ を入力画像全体について計算し、得られた相違度の中での最小値 $D_{min}$ とそのときの(i, j)を求める。なお、(10)式における総和 $\Sigma$ は、位置マーカのパターンの大きさを横M画素、縦N画素の長方形としたとき、mが0~M、nが0~Nについてである。

【0057】

$$x = X - (Z/f) \cdot (i/\alpha) \quad \dots(11)$$

【0059】そして、カメラ中心のワールド座標系による座標(x, y, z)を算出する(ステップ102)。但し、ビデオカメラ11は、既設レール22の上を移動するだけであるので、y及びzの値は既知であり、xの値だけが未知である。この未知の値xは、(11)式に従って求めることができる。

【0060】

この位置を算出し、ビデオカメラの異なる位置について得られた絶対的位置の一貫性に基づいて、常設物体以外の静止物体を検出するようにしたので、予め背景画像を用意することなく、1台のビデオカメラの視野範囲を大きく越える監視領域について、静止物体の存在を検知することができる。

【0062】また、第2の実施形態によれば、シャフトエンコーダ等の特殊なカメラ位置情報獲得装置を用いる

ことなく、静止物体の検知を行なうことができる。

【0063】(C)他の実施形態

上記各実施形態においては、ビデオカメラが所定の1方向に移動しているときのみ、物体検知を行なうものを示したが、往復動する双方向で物体検知を行なうようにしても良い。この場合、一方の移動方向での処理においては、上述した処理における符号等を逆にして適用すれば良い。

【0064】また、上記各実施形態においては、参照される常設物体までの基準奥行き情報を、カメラ位置情報と環境情報とからその都度算出するものを示したが、基準奥行き情報 자체を予め作成しておいて格納しておき、カメラ位置に応じて、読み出すようにしても良い。

【0065】さらに、上記各実施形態においては、ビデオカメラが常時撮像を行なうものを示したが、カメラ位置情報に基づいて、所定距離ずつ異なる所定の位置に到達する毎に間欠的に撮像を行なうものであっても良い。この場合には、いわゆるスチルカメラ（特許請求の範囲におけるビデオカメラの用語は、このスチルカメラを含むものとする）を適用することもできる。

【0066】さらにまた、上記各実施形態においては、本発明を、道路上の障害物検知に適用したものを見たが、監視領域や監視対象物がこれに限定されることは勿論である。

【0067】

【発明の効果】以上のように、本発明の物体検出方法及び物体検知システムによれば、ビデオカメラは、所定方向に移動しながら撮像を行ない、異なる時刻に撮影された2枚の画像からオプティカルフローを算出し、算出されたオプティカルフローから、各オプティカルフローを

生成した物体とビデオカメラまでの奥行き方向の距離情報を生成し、ビデオカメラの位置と常設物体の位置及び形状によって定まる、撮像画像の各画素に対応するビデオカメラからの奥行き情報を出し、距離情報と奥行き情報との距離差分値を求め、オプティカルフロー及び距離差分値に基づいて、常設物体以外の静止物体の検出を行なうので、予め背景画像を用意することなく、1台のビデオカメラの視野範囲を大きく越える監視領域について、静止物体の存在を検知することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態のシステム構成を示すブロック図である。

【図2】第1の実施形態の各種要素の配置を示す概略斜視図である。

【図3】第1の実施形態の入力画像例を示す説明図である。

【図4】図3の画像例に対するオプティカルフローの算出例を示す説明図である。

【図5】第1の実施形態の座標系の説明図である。

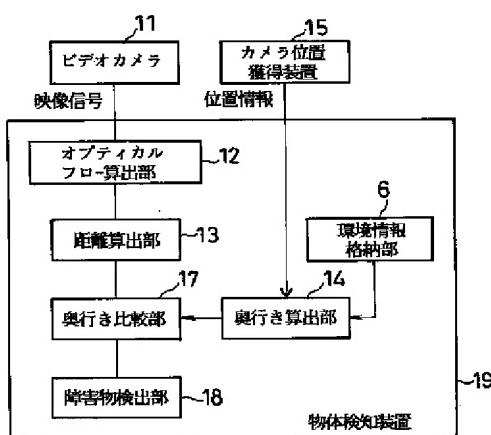
【図6】第2の実施形態のシステム構成を示すブロック図である。

【図7】第2の実施形態のカメラ位置推定部の処理フローチャートである。

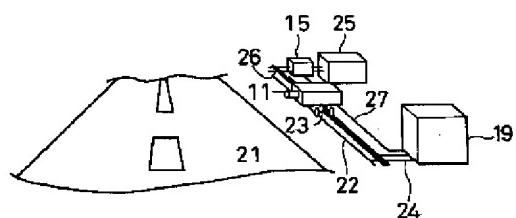
【符号の説明】

11…ビデオカメラ、12…オプティカルフロー算出部、13…距離算出部、14…奥行き算出部、15…カメラ位置獲得装置、15a…カメラ位置推定部、15b…位置マーカ情報記憶部、16…環境情報格納部、17…奥行き比較部、18…障害物検出部。

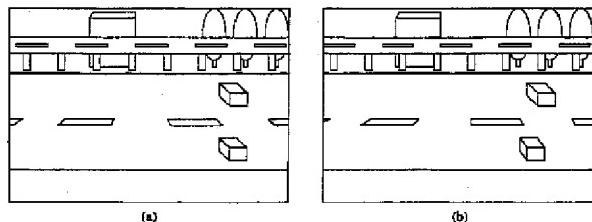
【図1】



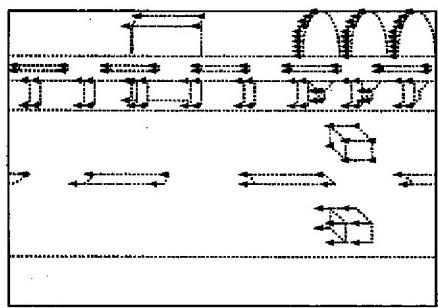
【図2】



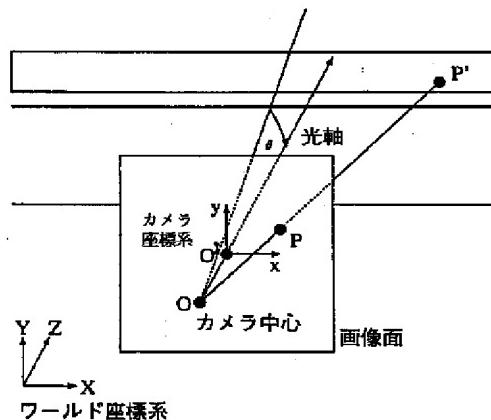
【図3】



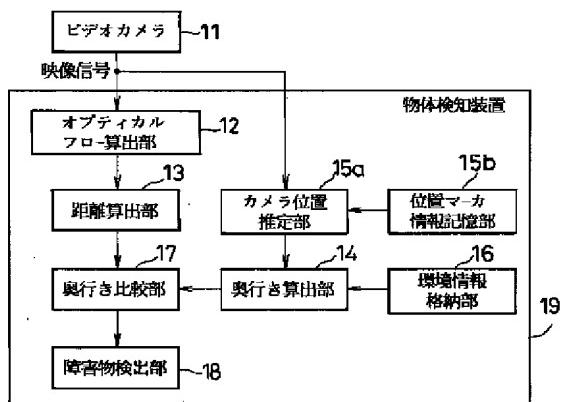
【図4】



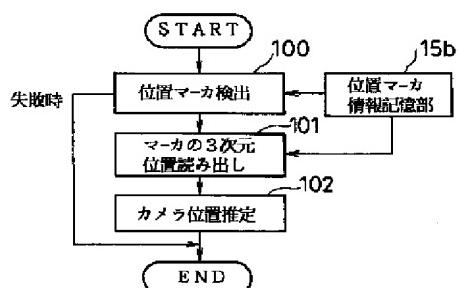
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 浩司

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内